

SRTM ve Topoğrafik Harita Verileri Kullanılarak Artvin İlindeki Yağış Havzalarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Saim Yıldırım^{1,*}, Mehmet Özalp¹, Esin Erdoğan Yüksel¹

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 08000, Artvin.

Özet

Su kaynaklarının kullanımı ve korunmasına yönelik çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve bağlantılı yazılım ve/veya modüllerin uygulanmasının son yıllarda arttığı bir gerçektir. Bu programlar sayesinde yağış havzalarının sınırları, arazi kullanımları, drenaj ağları, eğim ve yükselti gibi bazı fiziksel özellikleri hızlı, detaylı ve güvenilir bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu çalışmada da CBS programlarından biri olan ArcGIS 10.3.1 ile entegre halde çalışan ArcHydro modülü kullanılarak Artvin il sınırları içerisinde kalan yağış havzalarının bazı özelliklerinin (sınırlar, drenaj ağı, büyüklük, eğim, vb.) belirlenmesi amaçlanmıştır. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmak için hem “Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)” hem de 1/25.000 ölçekli “topoğrafik harita” verilerinden yararlanılmış ve böylece elde edilen sonuçların bu iki farklı altlık arasında karşılaştırılması sağlanmıştır. Genel olarak, SRTM ve topoğrafik harita verilerinin havzaların özelliklerinin belirlenmesinde birbirine oldukça yakın sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Örneğin, araştırma alanında tespit edilen büyük havza (10-100 km²) sayısı SRTM ve topoğrafik harita verilerine göre sırasıyla 315 ve 312 olarak belirlenmiş, çok büyük havzaların (>100 km²) sayısı ise her iki altlıkta da 30 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, topoğrafik haritalardan elde edilen eğim sınıfları gruplamasında ilin %89.27'sinin çok dik-sarp arazi sınıfında yer aldığı belirlenirken, STRM verilerine göre ise bu oranın %87.13 gibi oldukça benzer bir sonuç verdiği bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler

Havza, CBS, ArcHydro, SRTM, Artvin

Determining Physical Characteristics of Watersheds in Artvin Province Using SRTM and Topographic Map Data

Abstract

It is a fact that applying Geographical Information Systems (GIS) and associated software and/or modules on studies regarding use and protection of water resources have been increased in recent years. With such programs, some physical characteristics of watersheds including borders, land use, drainage system, slope and elevation can be determined in a quick, detailed and reliable way. In this research, the aim was to use ArcHydro module -integrated with ArcGIS 10.3.1 one of the programs of GIS- to assess some features (borders, drainage, size, steepness, etc.) of river basins located within Artvin province. In order to create Digital Elevation Model (DEM), data from both “Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)” and “topographical map” was used; thus, providing comparison of the results gathered from these two base maps. In general, it was stated that both SRTM and topographic map data resulted in very close findings in determining watershed characteristics. For example, while the number of large watersheds (10-100 km²) counted as 315 and 312 by SRTM and topographic maps, respectively, the number of very large watersheds (> 100 km²) was 30 according to both base maps. Moreover, in grouping of slope classification, as 89.29% of the province was found to be within the very-steep slope class based on the topographic maps, a very similar result of 87.13% was revealed using SRTM data.

Keywords

Watershed, GIS, ArcHydro, SRTM, Artvin

1. Giriş

Su üretimi ve dağılımı konusunda hayati öneme sahip olan yağış havzalarında özellikle insan kaynaklı faaliyetler sonucunda meydana gelen geniş çaplı arazi kullanım değişimlerinin doğal su kaynaklarının miktarı ve kalitesini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle her geçen gün kirlilik sonucunda kullanımı sınırlı hale gelen tatlı su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetimi ve kullanımı günümüzdeki en önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak, son yıllarda, hem su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi hem de özellikle tatlı su kaynaklarının kullanımına bağlı sorunların en aza indirgenmesi çalışmaları “havza bazlı yönetim” ve/veya “entegre havza yönetimi” çerçevesinde uygulanmaya başlanmıştır (OSİB 2014). Bu uygulamalar ile beraber yağış havzalarının özelliklerinin ortaya konulması amacı ile yürütülen bilimsel araştırmalar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önem kazanmıştır.

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (536) 4653046 Faks: +90 (466) 2151034

E-posta: saim@artvin.edu.tr (Yıldırım S), mozalp@artvin.edu.tr (Özalp M), eeyuksel@artvin.edu.tr (Erdoğan Yüksel E)

Bu açıdan bakıldığında, su kaynaklarının kullanılması ve korunmasında yağış sularının toplandığı ve dağıtıldığı havzaların hem sınırlarının hem de bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Cüce ve Bakan 2009). Havzaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi su ve havza kaynaklarının sürdürülebilir olarak, havza bazında bütüncül yönetim planlanması açısından mühendisler ve karar vericilere önemli yararlar sağlamaktadır. Bu amaçla, havza bazı çalışmalarda bilgisayar programlarının ve modellerin sayıları ve kullanım alanları oldukça artmıştır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve geliştirilen çok sayıda yazılım ile birçok havza özelliğinin daha kısa sürede ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi sağlanmıştır. Örneğin, yaygın kullanılan CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS ile entegre edilen ArcHydro modülü ile Sayısal Yükseklik Modellerinden (SYM) havza sınırı ve drenaj ağlarını hızlı bir şekilde belirlemek mümkün olmaktadır. ArcHydro modülü havza sınırlarının hızlı ve kolay şekilde belirlenmesinin yanı sıra baraj ve gölet gibi yapıların planlama aşamasında aks yeri, kret yüksekliği ve rezervuar alanına karar destek aşamasında, taşkın önleme tesislerinin planlamasında önem arz etmektedir (Li 2014).

Söz konusu bu yazılım modüllerinin uygulanmasında çalışılacak olan havzaya ait SYM'nin oluşturulması en önemli aşamalardan biridir ve bu amaçla uydu görüntüleri, topoğrafik haritalar vb. farklı veri kaynakları kullanılmaktadır. Bu altlıklardan biri olan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verileri, NASA tarafından yeryüzünün topoğrafik haritasının çıkarılması amacıyla yürütülen bir proje kapsamında radar verilerinden türetilen 2000 yılına ait verilerdir (Farr vd. 2007). SRTM verilerinin ülkemizin de içinde olduğu dünya genelinde 90 m. yersel çözünürlüğe sahip haritaları (SRTM3) kullanıcıya açıktır ve internet üzerinden erişilebilmektedir. Yersel çözünürlüğü 30 m. olan verilerin ise (SRTM1) genel kullanımı sadece Amerika Birleşik Devletleri'ni kapsamaktadır (Bildirici vd. 2008). SRTM verileri kullanıma sunulmadan önce bazı hata düzeltmelerinden geçirilmektedir. Ancak radar sinyallerinin algılanmasında özellikle yüksek dağların sarp kesimlerinde saçılma ve gölgelenme gibi olaylardan dolayı sayısal yükseklik haritalarında kısmi boşluklar oluşmaktadır. Bu boşlukların bölgeye ait topoğrafik verilerle tamamlanması mümkündür (Çoban ve Eker 2009). Türkiye'deki SRTM verilerinde belirlenen böylesi boşlukların büyük çoğunluğu Harita Genel Komutanlığı'na üretilen 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalardan doldurulmuştur (Çam vd. 2013).

SYM'nin üretildiği bir başka veri altlığı ise arazinin fiziki yapısını ve birtakım arazi bilgilerini gösteren eşyükselti eğrili topoğrafik haritalarıdır. Bu haritalar, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilmekte ve satışı yapılmaktadır (HGK 2016). Ormancılık ile bağlantılı uygulamalarda ve bilimsel çalışmalarda en sık kullanılan topoğrafik haritalar 1/25.000 ölçekli olanlardır. Bu haritalarda eşyükselti eğrileri 10 m.'de bir geçmektedir ve sayısallaştırılması ile SYM'ler elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Çoruh Nehri Havzasının Artvin il sınırları içerisinde kalan orta ve aşağı bölümünde yer alan alt havza sınırlarının, drenaj ağlarının ve bazı fiziksel havza özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, hem SRTM hem de 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita verilerinden yararlanılarak ArcGIS 10.3.1 CBS yazılımı ve ArcHydro modülü kullanılmıştır.

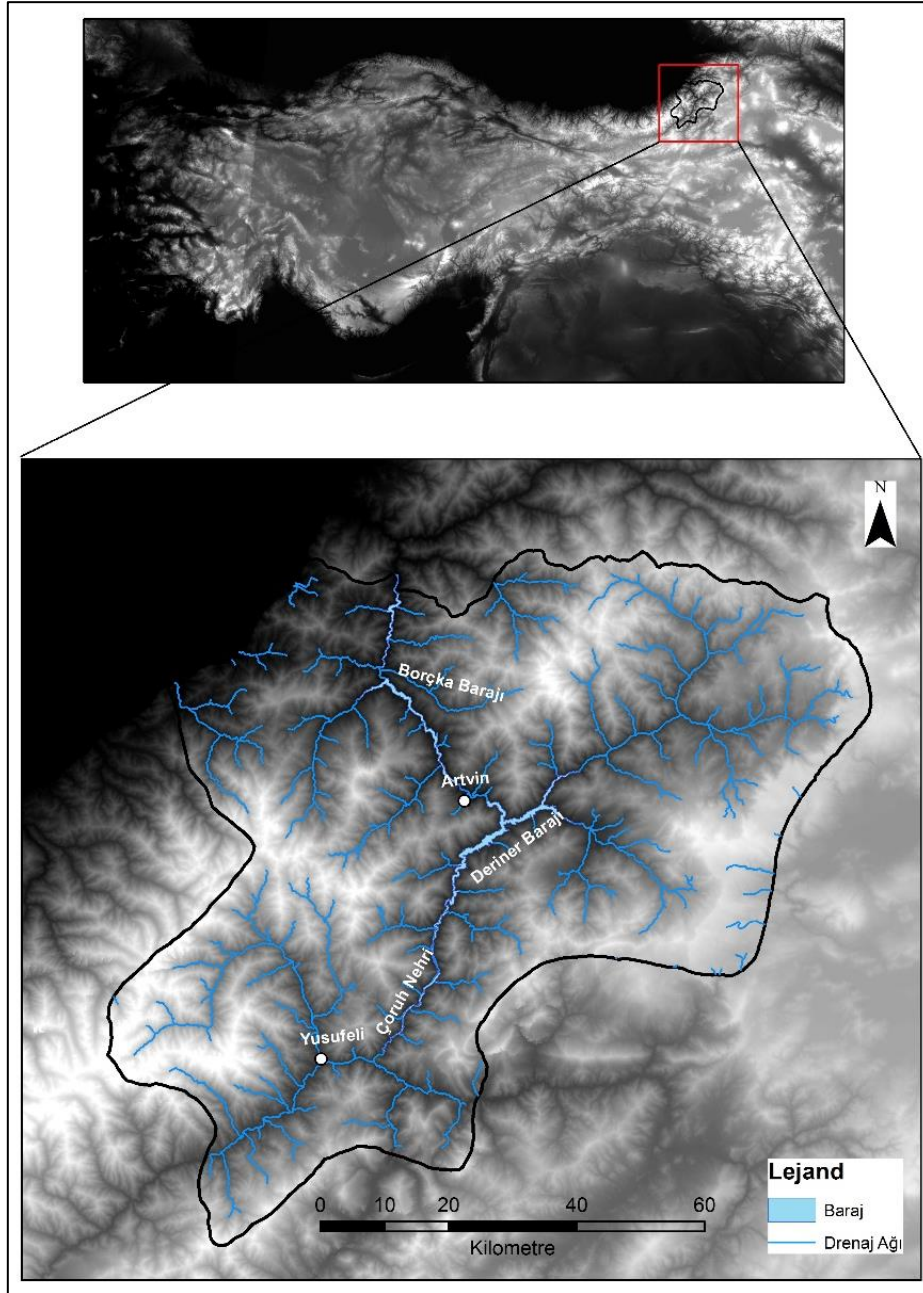
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda Artvin il sınırları içerisinde yer alan 40° 34' 19.55'' ve 41° 31' 29.62'' kuzey enlemleri ile 41° 09' 25.41'' ve 42° 35' 47.16'' doğu boylamları arasında kalan alandır (Şekil 1). Çoruh Nehri Havzasının orta ve aşağı kısımları da bu alan içerisinde kalmaktadır. 7412.54 ha'lık alana sahip olan Artvin ili sınırlarında Çoruh Nehri ana kolunun toplam drenaj ağı uzunluğu 151 km'dir. Artvin, Kuzey Anadolu orojenik kuşağı dâhilinde yer almaktadır. Bölgenin en eski arazisini meydana getiren metamorfik seri, Çoruh Nehrinin aşağı kesimlerinden başlayarak Sırya üzerinden kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır (Gattinger 1962). Artvin ilinde topraklar altı grupta toplanmaktadır. Bunlar, kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman toprağı, kırmızı topraklar, sarı podzolik topraklar, yüksek dağ çayır toprakları, alüvyal ve koluviyal topraklardır (Yüksek ve Ölmez 2002; Tüfekçioğlu vd. 2005). Artvin, bitki coğrafyası ve flora bölgesi açısından Euro-Siberian (Avrupa Sibirya) alanının Colchis (Kolşik) kesimi içinde yer almaktadır. Daha çok yapraklı türlerden oluşan bir orman vejetasyonu egemen olup, yükseltiye bağlı olarak topluma iğne yapraklı taksonlar da katılmaktadır (Anşin 1983). Hemen hemen her yönüyle bir geçiş bölgesi özelliği taşıyan Artvin ve çevresi, iklim özellikleri itibarıyla da bir geçiş bölgesi karakteri taşımaktadır. Artvin ve çevresi Karadeniz kıyı (oseyanik), Karadeniz ardı (yarı karasal) ve Doğu Anadolu (karasal) iklim kuşaklarına sahiptir (Ceylan 1995; Yüksek ve Ölmez 2002). 59 yıllık ortalamalara göre (1954-2013) Artvin ili için yıllık ortalama yağış miktarı 698.7 mm'dir. Yıllık ortalama yağış miktarının en düşük olduğu ay 29.4 mm ile Ağustos ayı, ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay ise 91.2 mm ile Aralık ayıdır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 12.2 °C dir. Yılın en sıcak ayı Ağustos (20.7 °C), en soğuk ayı ise Ocak (2.6 °C) ayıdır (Erdoğan Yüksel 2015).

Topoğrafik yapı sosyo-ekonomik hayatın şekillenmesinde de oldukça etkili olmuştur. Yerleşimler genellikle vadi içlerine yapılmaya çalışılırken ekonomik faaliyetler vadi yamaçları, etek düzlükleri ve vadi tabanlarındaki alüvyal birikimler üzerinde yoğunlaşmıştır. Havzada tarım yapılabilecek arazi yetersiz olup, ailelerin kendi ihtiyaçlarını ancak karşılamakta, geçim kaynağı olarak sınırlı miktardaki ürünü satışa sunmaktadırlar. Köylü nüfusun büyük kısmı ormancılık faaliyetlerinde çalışarak ve hayvancılıkla geçinirler. Arıcılık da geçim kaynakları arasında yer almaktadır. Adrese dayalı

nüfus kayıt sistemi verilerine göre Artvin'in 2015 yılı toplam nüfusu 168370'dir. Nüfusun 99359'u il ve ilçe merkezlerinde, 69011'i ise belde ve köylerde bulunmaktadır (TÜİK 2015).

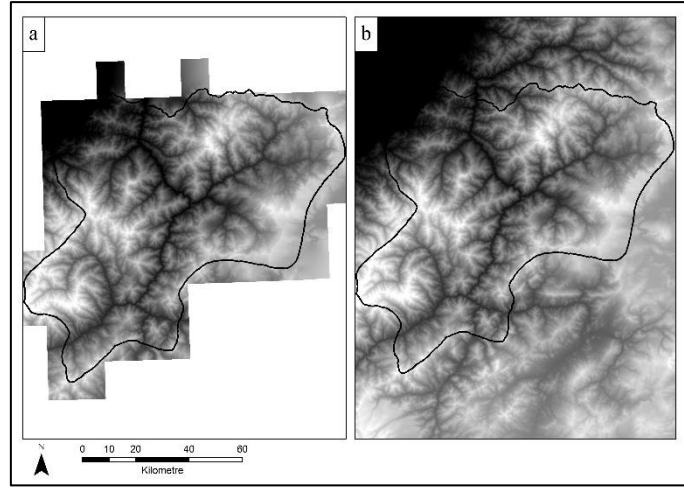


Şekil 1: Çalışma Alanı Olarak Seçilen Artvin İlinde Genel Drenaj Ağı Durumu

2.2. Yöntem

ArcGIS CBS yazılımında ArcHydro modülünü kullanarak gerçekleştirilen işlemler topoğrafik verileri ön işleme, havza sınırlarının girilen minimum eşik değere göre belirlenmesi ve drenaj ağının çıkartılması aşamalarından oluşmaktadır. Bunun için öncelikle topoğrafik yüzeyi üç boyutlu gösteren sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç vardır. Çalışma alanına ait SYM, SRTM verilerinden ve 1/25000'lik topoğrafik haritalardan elde edilmiştir. SRTM verileri SYM şeklinde (Şekil 2b) elde edilmekte iken topoğrafik haritalardan SYM oluşturulması bu haritalardan elde edilen eşyükselti haritalarının işlenmesi sonucu olmaktadır (Şekil 2a).

Raster veri formatındaki sayısal yükseklik haritaları hücresel (piksel) olarak temsil edilen mekânsal verilerdir. Raster verilerin hücre büyüklüğü ile çözünürlüğü arasında ters orantı vardır. Bir raster verinin hücre büyüklüğü ne kadar küçük ise o raster verinin çözünürlüğü o kadar yüksektir. Raster veri formatındaki SYM haritaları coğrafi referans değerine ve yükseklik (Z) verisine sahiptir (Akkaya Aslan vd. 2004).

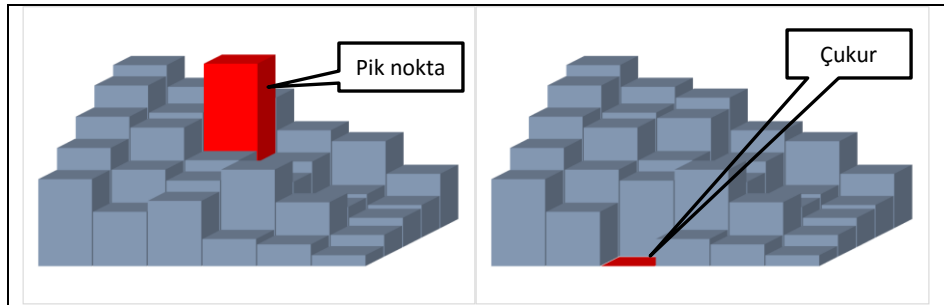


Şekil 2: Sayısal Yükseklik Modeli (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

2.2.1. Veri ön işleme

İlk olarak çalışma alanına ait SRTM verilerine ait boşlukların doldurulması işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı için tespit edilen %2.06'lık boşluk oranının doldurulması işleminde altlık olarak daha düşük çözünürlüklü ve boşluk oranı bulunmayan SRTM verisinden faydalanılmıştır. Türkiye için boşluk oranı %0.16'dır (Bildirici vd. 2008) ve oran homojen şekilde dağılmamaktadır. Boşluk oranının dağılımı topoğrafya ile doğrudan ilişkilidir ve oranın çoğunluğu Doğu Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır (Bildirici vd. 2008).

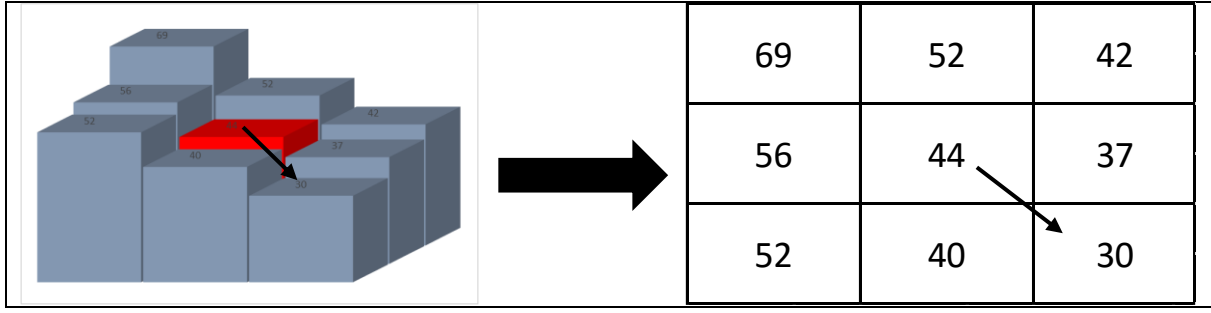
SRTM verilerindeki boşluk doldurma işleminin ardından 6 parçadan oluşan SRTM verileri ve 71 parçadan oluşan topoğrafik haritalardan elde edilen eşyüksekti paftaları ArcGIS 10.3.1 programının mozaik komutu kullanılarak her iki harita grubu kendi içinde birleştirilmiştir. Topoğrafik haritalardan mozaik yapılarak elde edilen tek parça eşyüksekti eğrisi haritasından yine ArcGIS 10.3.1 programı kullanılarak SYM türetilmiştir. Daha sonra her iki SYM ayrı ayrı ArcHydro modülüne aktararak üzerinde eğer varsa çukur ve pik noktaların kaldırılması işlemi "fill" komutu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde hatalı çukur ve pik noktaların düzeltilmesi (Olivera vd. 2002)

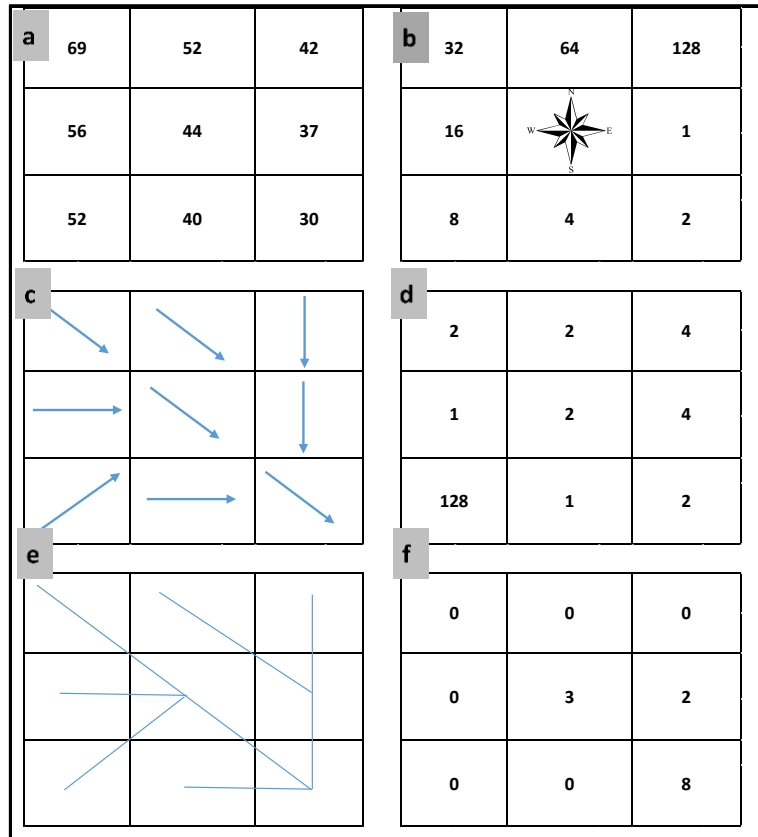
2.2.2. Akış Yönleri ve toplanma modeli

Veri ön işleminin ardından ilk işlem olarak su akış yönlerinin hesaplanması gerekmektedir. Sayısal yükseklik modeli üzerindeki her bir piksel hücre bir yükseklik değerine sahiptir ve hücrede akış yükseklik değeri kendi değerinden düşük olan komşu hücrelere doğru olmaktadır. ArcHydro modülü akış yönlerinin belirlenmesinde D8 yöntemini kullanmaktadır (Olivera vd. 2002). Bu yöntemde göre her bir piksel hücrede yer alan değer, bu hücreye komşu 8 hücreden yükseklik değeri en az olana doğru olacaktır (Şekil 4).



Şekil 4: Su akış yönü (Olivera vd. 2002)

Akış yönlerini ifade için ArcHydro modülünde 8 yönlü akım modeli kullanılmaktadır. Hücrelerin akış yönleri sayısal ifadelerle belirtilir. Örneğin, bir hücrenin akım yönünün güneybatı olduğunu belirtmek için 8, doğu olduğunu belirtmek için 1 kullanılır (Olivera vd. 2002) (Şekil 5b). Şekil 6a'daki temsili hücre yükseklik değerlerine göre akış yönü ve değerleri Şekil 5c ve 5d'de ifade edilmiştir.

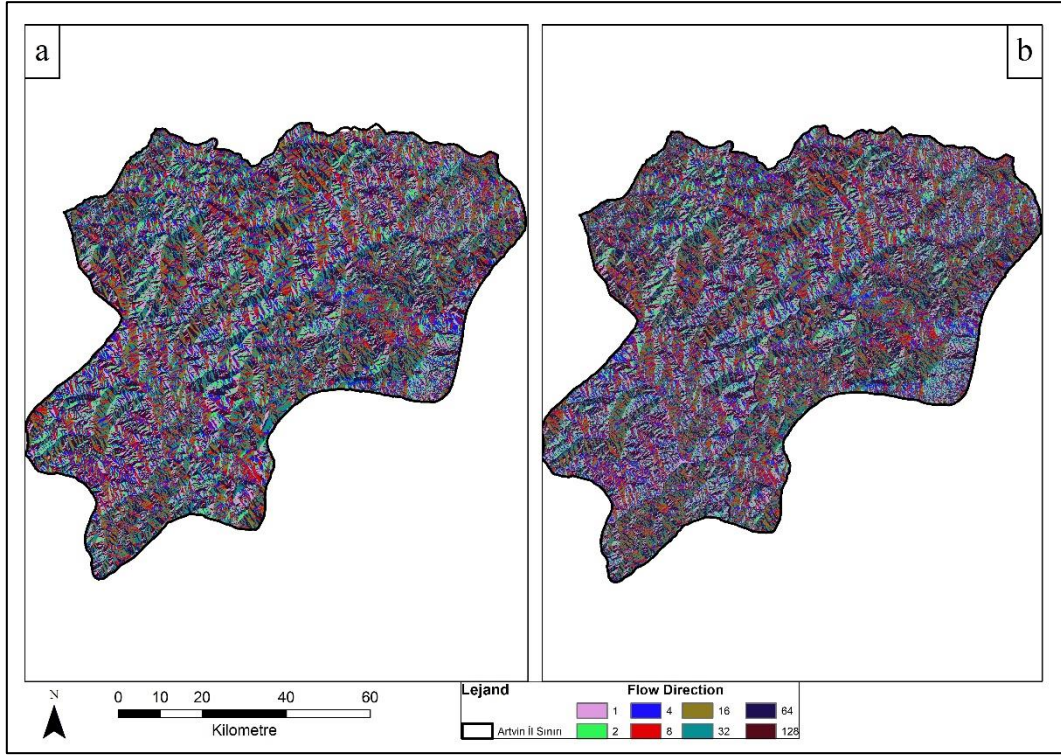


Şekil 5: Akış yönlerinin sayısal ifadesi ve akış toplanma modeli (Olivera vd. 2002)

Akış toplanma modeline göre her bir piksel hücrenin aldığı değer, o hücrenin su toplama alanındaki toplam hücre sayısını ifade eder (Şekil 5f). Drenaj ağıda bu model üzerinden oluşturulur. Şekil 5f'deki tablo gösterim dikkate alınırsa Şekil 6a'daki referans yükseklik değerlerine göre 69, 52, 42, 56, 52 ve 40 değerine sahip hücrelere doğru bir akış olmadığı için "0" değerini almıştır. Yükseklik değeri 44 olan hücreye toplam 3 hücreden akış olduğu için 3 değerini almıştır. Tabloya göre çıkış değerine sahip yükseklik değeri 30 olan hücreye toplam 8 hücreden akış olduğundan 8 değerini almıştır.

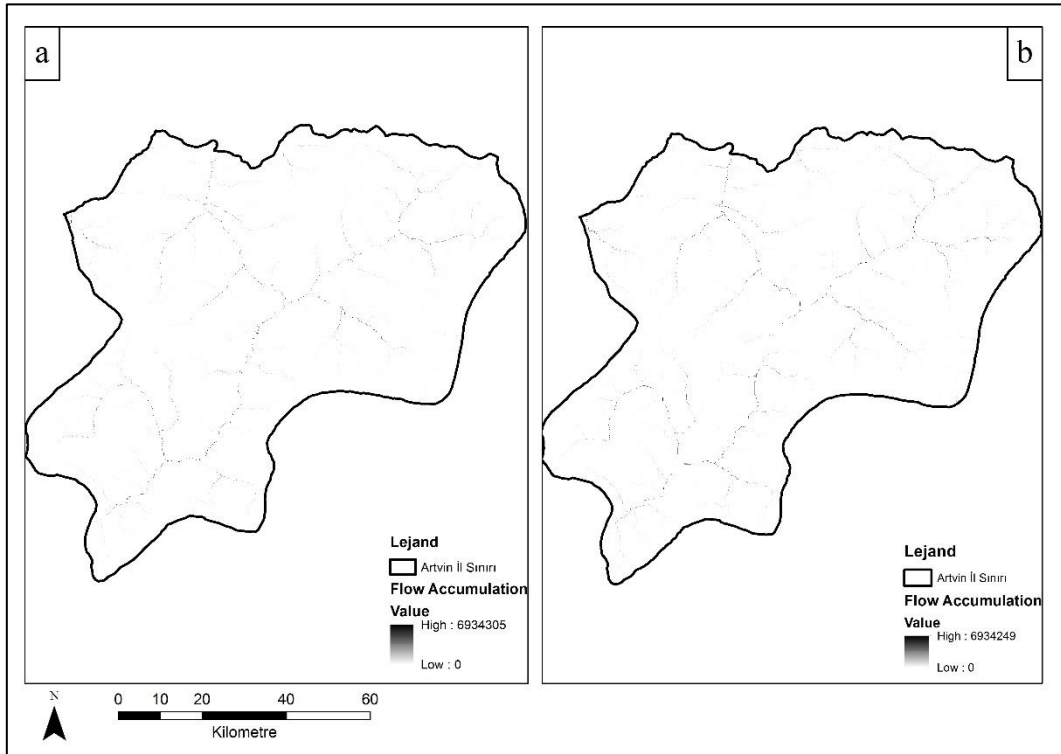
3. Bulgular

SRTM verileri ve topoğrafik haritalardan oluşturulan SYM'ler üzerinde gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra ilk olarak su akış yönleri modeli oluşturulmuştur (Şekil 6). Her bir renk kodu farklı akış yönlerini ifade etmektedir.



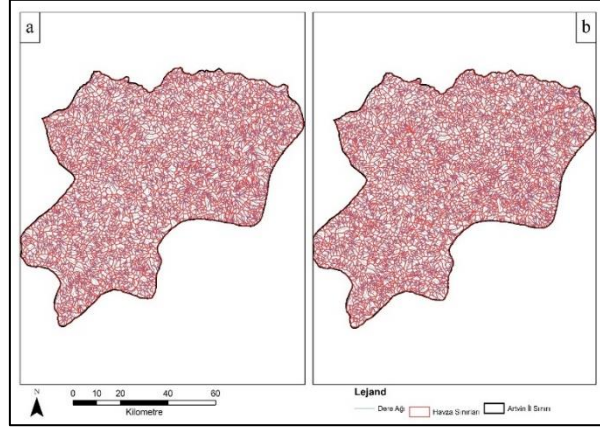
Şekil 6: Su akış yönleri modeli (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Oluşturulan bu modelin ardından akış toplanma modeli oluşturulmuştur (Şekil 7). Beyaz renkte gösterilen hücreler 0 değeri alırken değer yükseldikçe siyahın tonları ile ifade edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, SRTM ve topoğrafik harita verilerinden üretilen SYM'lerde elde edilen en yüksek hücre değerleri, sırasıyla, 6934305 ve 6934249 olarak ortaya çıkmıştır. Burada ifade edilen değer, o hücreye doğru akışı olan hücreleri ifade etmektedir. Başka bir deyişle o hücrenin çıkış noktası kabul edileceği havzadaki hücre sayısıdır.



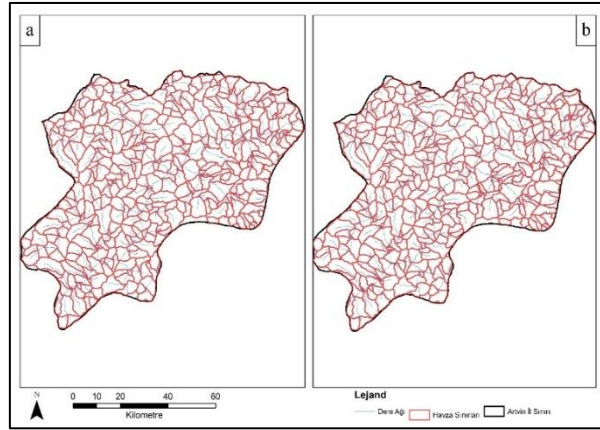
Şekil 7. Akış toplanma modeli (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Su akış yönü ve toplanma modelleri yardımı ile çalışma alanının drenaj ağı ve havza sınırı belirlenirken ArcHydro'da minimum eşik değeri olarak 1, 10 ve 100 km² değerleri (Özhan 2004) girilmiş, çalışma alanına ait yağış havzaları ise büyüklüklerine göre orta (1-10 km²), büyük (10-100 km²) ve çok büyük (>100 km²) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 8, 9).



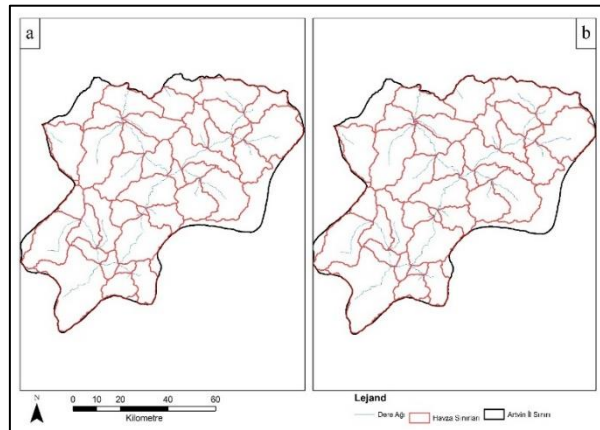
Şekil 8: Orta Büyüklükteki Havzalar (1-10 km²) (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Sonuçlar göstermiştir ki, topoğrafik haritalardan elde edilen verilere göre orta büyüklükteki havzaların sayısı 2985, SRTM verilerinden elde edilen alt havza sayısı ise 3024'tür (Şekil 8).



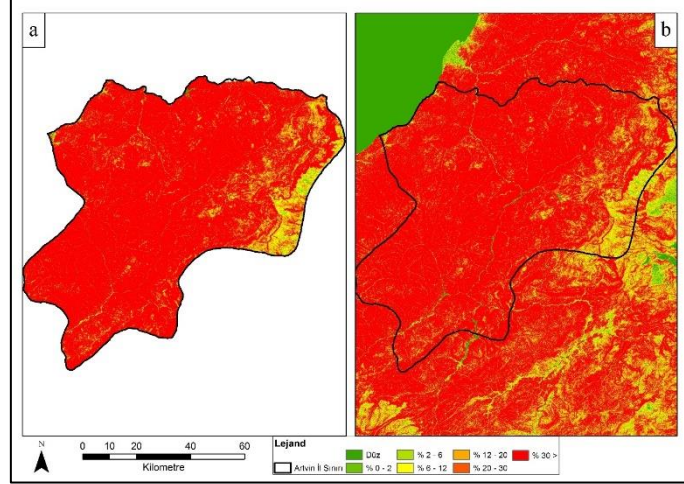
Şekil 9: Büyük Havzalar (10-100 km²) (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Yine aynı şekilde büyük havzalara göre alt havza sayısı topoğrafik harita verilerine göre 315 iken SRTM verilerine göre 312 alt havza bulunmuştur (Şekil 9). Çalışma alanı çok büyük havzalara göre sınıflandırıldığında ise her iki harita verisine göre 30 alt havza elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10: Çok Büyük Havzalar (> 100 km²) (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Hem topoğrafik harita hem de SRTM verilerinden eğim sınıfları haritası (Şekil 11) türetilerek eğim sınıflarına göre alan karşılaştırması yapılabilmektedir (Tablo 1). Buna göre düz arazi ve su yüzeylerinin dahil olduğu %0 ile ifade edilen sınıfta topoğrafik haritalara göre %0.11, SRTM verilerine göre %0.39 değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni Harita Genel Komutanlığı tarafından SRTM verilerindeki veri boşlukları ve güncel düzeltmeler olduğu tahmin edilmektedir. Şekil 11b’de SRTM verilerinde Artvin il sınırları içerisindeki baraj rezervuarlarının düzlük sınıfta olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 11: Eğim Sınıfları Haritası (a: Topoğrafik Haritalardan elde edilen, b: SRTM verilerinden elde edilen)

Son olarak, eğim sınıflarına göre alan dağılımları incelendiğinde topoğrafik haritalardan elde edilen verilere göre çalışma alanının %89.27’u çok dik ve sarp arazi sınıfında yer alırken, SRTM verilerine göre % 87.13’ü bu sınıfta yer almaktadır.

Tablo 1: Eğim sınıfları ve alan dağılımları

Eğim Sınıfları	Alan (ha)		Oran (%)	
	a	b	a	b
Düz (% 0)	838.71	2920.14	0.11	0.39
Düze Yakın (% 0-2)	1781.82	2159.55	0.24	0.29
Hafif (% 2-6)	8147.79	10441.8	1.10	1.41
Orta (% 6-12)	23445.35	28249.83	3.16	3.81
Dik (% 12-20)	45248.22	51678.99	6.10	6.97
Çok Dik (% 20-30)	68861.47	81069.48	9.28	10.94
Sarp (>% 30)	592934.40	564738	79.99	76.19
Toplam	741257.80	741257.80	100	100

4. Tartışma ve Sonuçlar

Genel olarak bakıldığında, yağış havzalarının bazı özelliklerini hızlı ve kolay bir şekilde belirlemek amacıyla oluşturulması gereken sayısal yükseklik modelinin (SYM) üretilmesi aşamasında topoğrafik haritalar yanında SRTM verilerinin de kullanılabileceği Çoruh Nehri Havzası örneğinde uygulanan bu çalışmada ortaya konulmuştur. SRTM verilerinden elde edilen sayısal yükseklik modeli üzerinden ormancılık çalışmalarının planlanması ve yürütülmesi aşamalarında veri altlığı teşkil eden eğim, bakı ve yükseklik sınıfları gibi topoğrafik özelliklere ait bilgilerin üretilebileceği daha önce yapılan benzer çalışmalarda (Lefsky vd. 2005; Simard vd. 2006) gösterilmiştir. Öte yandan SRTM verileri internetten herkesin erişimine açık veri tabanlarından ücretsiz olarak sunulmaktadır. Bu sayede hidrolojik modelleme, arazi planlama çalışmaları gibi sayısal yükseklik verisi ihtiyacı duyan çalışmalara CBS ortamında SRTM verileri SYM haritaları olarak hazır hale getirilmiştir. Diğer yandan topoğrafik haritalarla karşılaştıracak olursak 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritaların sayısallaştırılarak vektörel yapıya dönüştürülmesi süreci oldukça zahmetli bir çalışma gerektirmektedir. Her iki harita verisinden elde edilen değerlerin genel anlamda birbiriyle örtüşmesi, SRTM verilerinin kolay ulaşılabilir ve hızlı bir şekilde kullanıma hazır hale getirilebilir olması önemli bir zaman ve işgücü kazanımı sunabilir. Çoban ve Eker (2009) tarafından yapılan çalışmada da SRTM haritaları ile 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan üretilen SYM verileri karşılaştırılmış ve her iki veri kaynağı arasında eğim, bakı ve yükselti sınıfları itibarıyla % 10’un altında bir hata payı ile örtüşme sağlandığını açıklamışlardır.

Bu çalışma ile aynı zamanda CBS'nin uygulanması kapsamında ArcGIS yazılımına entegre olarak çalışan ArcHydro modülünün kullanılmasının da önemli avantajlar sağladığı görülmüştür. Benzer şekilde Dindaroğlu vd. (2012)'nin, bazı havza karakteristiklerini saptamak üzere yapmış oldukları çalışmada da SYM oluşturmak için ArcHydro yazılımı kullanılmış ve sonuç olarak oluşturulan model yapısı ile CBS programının ileri düzeydeki becerileri sayesinde havza alanının fiziksel anlamda oldukça iyi temsil edilebildiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, ArcGIS'in veri izleme, havza sınırlarının belirlenmesi, havza karakterizasyonu, model kurulması, model önışlemleri ve havzanın fiziksel özelliklerinin görselleştirilmesi amaçlarıyla kullanılan kuvvetli bir araçlar grubu olduğu, havza karakteristiklerinin toprak ve arazi özellikleriyle entegre edilerek havzayı değerlendirmek için daha güçlü ve anlamlı veriler ortaya konabileceğini belirtmişlerdir.

Havza sınırlarının belirlenmesinde ArcHydro modülü ile oluşturulan drenaj ağı işlemleri sonucunda Çoruh Nehri ana kolunun Artvin il sınırları içerisindeki toplam uzunluğunun 151 km olduğu tespit edilmiştir. Bu mesafe boyunca ana havzayı meydana getiren alt havzaların belirlenmesinde ise büyük oranda orta, büyük ve çok büyük havza sınıflaması kullanılmaktadır (Özhan 2004). Bu sınıflama esas alınarak drenaj ağı oluşturulurken yapılan analizlere göre Artvin il sınırları içerisinde orta büyüklükteki (1-10 km²) havzaların sayısı topoğrafik haritalara göre 2985, SRTM verilerine göre ise 3024 olarak belirlenmiştir. Yine büyük havzaların (10-100 km²) sayısı sırasıyla 315 ve 312 olarak belirlenirken, çok büyük havzaların (>100 km²) sayısı her iki altlık veriye göre 30 olarak aynı sayı elde edilmiştir. Eğim sınıfları haritası alan döküm tablosuna göre (Tablo 1) Artvin il sınırları içerisindeki alanın topoğrafik haritalara göre %0.11'i, SRTM verilerine göre ise %0.39'u düzlük (düz arazi, su yüzeyi alanları) alanları oluşturmaktadır. Bu farkın nedeninin baraj rezervuarlarının kapladığı alanlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu alanların SRTM verilerinde daha fazla çıkmasının nedeni ise Harita Genel Komutanlığı tarafından SRTM verilerindeki boşlukların doldurulması ve hataların giderilmesi işlemlerinde baraj rezervuarlarının kapladığı alanların da haritaya dahil edilmesi olarak tahmin edilmektedir. Zira SRTM verilerinin toplandığı 2000 yılında Artvin il sınırları içerisinde baraj rezervuarı bulunmadığı bir gerçektir. Yine eğim sınıflamasına baktığımızda topoğrafik haritalara göre çok dik ve sarp alanlar sırasıyla %9.28, %79.99 ve SRTM verilerine göre aynı sınıflama sırasıyla %10.94, %76.19 ile birbirine yakın değerlere sahiptir ki bu da bize SRTM kaynaklı verilerin eğim gibi özellikleri ortaya çıkarmada kullanılabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile sayısal yükseklik modeli üzerinden Çoruh Nehri Havzası'nın Artvin il sınırları içerisinde kalan bölümündeki su akış yönleri ve bu yönler göre drenaj ağları ve alt havzalar belirlenmiştir. Bu bağlamda, sayısal yükseklik modeli oluşturmak için hem SRTM verileri hem de topoğrafik haritalardan elde edilen veriler kullanılmıştır ve analizler sonucunda SRTM verilerinin de bu tip çalışmalarda kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Kaynaklar

- Akkaya Aslan Ş.T., Gündoğdu K.S., Demir A.O., (2004), *Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği*, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 18(1), 167-180.
- Anşın R., (1983), *Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vegetasyon Tipleri (The Floristic Regions and the Major Vegetation Types of Turkey)*, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 6(2), 318-339.
- Bildirici İ.Ö., Üstün A., Uluğtekin N., Selvi H.Z., Abbak A.R., Buğdaycı İ., Doğru Ö., (2008), *Yerel yükseklik bilgileriyle desteklenmiş SRTM verileri kullanılarak Türkiye için 3" x 3" çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinin oluşturulması*, TÜBİTAK projesi sonuç raporu, Proje no: 106Y130.
- Ceylan S., (1995), *Artvin Yöresinin Coğrafi Etüdü*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Cüce H., Bakan G., (2009), *Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetimi Açısından Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Önemi*, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Çam A., Fıra, O., Yılmaz A., (2013), *Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli Üretimi Faaliyetleri*, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013. 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Çoban H.O., Eker M., (2009), *SRTM Verileri ile Bazı Topoğrafik Analizler: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Örneği*, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(2), 76-91.
- Dindaroğlu T., Özgül M., Canbolat M.Y., (2012), *Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Saptanması ve Arazi Kullanımı*, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, Sayfa: 197-205.
- Erdoğan Yüksel E., (2015), *Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Alsdorf D., (2007), *The Shuttle Radar Topography Mission*, Reviews of Geophysics, 45(2), 1-33.
- Gattinger T.E., (1962), *Explonatory Text of Geological Map of Turkey*, MTA Publications, Ankara.
- HGK, (2016), *Satış yapılan harita ürünleri*, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, (<http://www.hgk.msb.gov.tr/suz?&Olcek=14>), [Erişim 10.07.2016].
- Lefsky M.A., Harding D.J., Keller M., Cohen W.B., Carabajal C.C., Del Bom Espirito-Santo F., Hunter M.O., de Oliveira, R., (2005), *Estimates of forest canopy height and aboveground biomass using ICESat*, Geophysical Research Letters, 32(22), 1-4.
- Li Z., (2014), *Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed*, Environmental Systems Research, 3(11), 1-12.
- Olivera F., Furnans J., Maidment D., Djokic D., Ye Z., (2002), *Drainage Systems*, In D. R. Maidment (Ed.), ArcHydro GIS for Water Resources (pp. 208). California, USA: ESRI.

- OSİB, (2014), *Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023)*, Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Özhan S., (2004), *Havza amenajmanı*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul, 384ss.
- Simard M., Zhang K., Rivera-Monroy V.H., Ross M.S., Ruiz P.L., Castañeda-Moya E., Twilley R.R., Rodriguez E., (2006), *Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 72(3), 299-311.
- Tüfekçioğlu A, Sarıyıldız T, Ermiş E, Onur Ö, (2005), Artvin İl Gelişme Planı. Tarım Sektörü Raporu, Artvin.
- TÜİK, (2015), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı, Şehir, Belde ve Köy Nüfusları.
- Yüksek T., Ölmez Z., (2002), *Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormancılık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme*, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3(1), 50-62.